

С 344.15

ПТЭ, 1967, №2, с.101-104

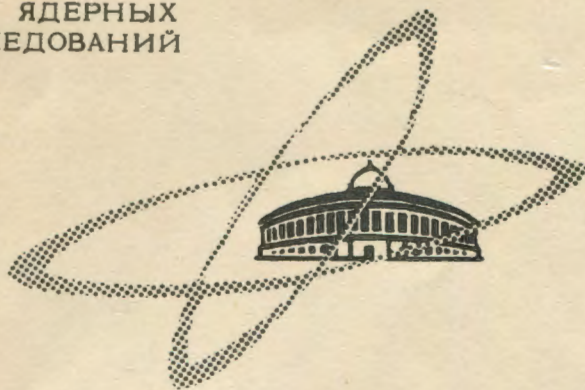
22/1

К-906

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

2878



М.М. Кулюкин, Д.Б. Понтекорво, И.В. Фаломкин,
Д.М. Хазинс, Ю.А. Шербаков

МНОГОНИТЕВОЙ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫЙ СЧЕТЧИК
ДЛЯ ОТБОРА ОСТАНОВОК ЧАСТИЦ
В ТОНКОЙ ГАЗОВОЙ МИШЕНИ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

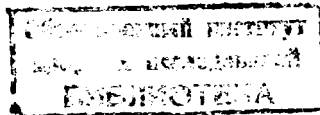
1966

2676

М.М. Кулюкин, Д.Б. Понтекорво, И.В. Фаломкин,
Д.М. Хазянс, Ю.А. Шербаков

МНОГОИТЕВОЙ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫЙ СЧЕТЧИК
ДЛЯ ОТБОРА ОСТАНОВОК ЧАСТИЦ
В ТОНКОЙ ГАЗОВОЙ МИШЕНИ

Направлено в ПТЭ



4224/1, 48-

Интенсивные пучки мезонов, получаемые от ускорителей, монохроматичны с точностью до нескольких процентов. Это означает, что при энергии частиц, например, мезонов, равной 100 Мэв, остановить все из них можно в слое вещества, составляющем несколько г/см². При решении многих физических задач необходимо выделять остановки в газе (причем толщина слоя газа может составлять несколько мг/см²), в этом случае их должна выбирать какая-то система управления. С этой целью используются различные методы, например, антисовпадения и сцинтилляции в газе^{1/1}. Для отбора по ионизации можно применять тонкие сцинтилляционные счетчики. Однако проходящие и останавливающиеся частицы будут сильно отличаться по ионизирующей способности только в том случае, если с ионизацией от проходящей частицы сравнивать ионизацию от останавливающейся частицы в районе точки, достаточно близкой к остановке. По этой причине пропорциональный счетчик (содержащий очень мало вещества по сравнению с тонким сцинтилляционным счетчиком), расположенный прямо в начальном слое газа и не изолированный никакими перегородками (нитяные электроды) или изолированный достаточно тонкими фольгами от остальной массы газа, должен разделять проходящие и останавливающиеся частицы очень эффективно. Такой счетчик чрезвычайно удобен также в том случае, если частицы имеют малый пробег, в таком счетчике они не поглощаются (например, α -частицы). Пропорциональный счетчик может обеспечить хорошее амплитудное разрешение и может работать при нагрузках, достаточных для проведения ряда экспериментов на пучках ускорителей. Исходя из этих соображений, мы разработали конструкцию и исследовали характеристики многонитевого пропорционального счетчика, предназначенного для отбора остановок в струйной камере, наполненной He или Ne, при работе на пучках заторможенных мезонов.

Конструкция счетчика

Нами было испытано два варианта конструкции счетчиков, а изготовлено несколько различных экземпляров, отличающихся по величине рабочей площади. Схематический разрез одного из наших счетчиков изображен на рис. 1а. Анод (1) состоит из ряда никромовых нитей \varnothing 0,1 мм, которые жестко укреплены между сетчатыми катодами (2) (размер ячейки 2x2 мм, диаметр нитей 0,1 мм). Впоследствии катоды делались не сет-

чатыми, а из ряда натянутых нитей (подобно анодному электроду). Расстояние между катодами составляет 20 мм, а расстояние между анодными нитями — 5 мм. Анод заземлен через сопротивление и подключен ко входу усилителя. Корпус счетчика — стеклянный, склеен эпоксидным клеем. В счетчике, изображенном на рис. 1а, собирающий электрод имел вывод через янтарный изолятор с заземленным охраняющим кольцом. В дальнейшем мы отказались от этих усложнений, причем работа счетчика не ухудшилась. Счетчик имеет площадь $\sim 30 \text{ см}^2$, через которую может проходить поток частицы. Такая конструкция обеспечивает при большой площади счетчика быстрый сбор электронов на анодные нити со всего объема. Счетчик снабжен α -источником (3).

Второй вариант конструкции счетчика (рис. 1в) отличается от первого тем, что вместо катодных сеток или нитей используется алюминированный лавсан. Толщина лавсановой пленки 6 микрон, алюминиевого покрытия — 0,5 микрона. Пленка наклеивалась прямо на стеклянные кольца, составляющие стенки счетчика. Счетчик снабжен α -источником, который может поворачиваться и перемещаться по диаметру счетчика. При работе счетчика совместно со стримерной камерой задняя стенка у счетчика, естественно, отсутствовала.

Характеристики счетчика, наполненного различными газами

Нас интересовали такие наполнения счетчика, при которых может работать стримерная камера. В связи с этим были исследованы характеристики счетчика, наполненного гелием или неоном с малыми добавками метана (поскольку метан сильно улучшает работу счетчика ^{1/2}). Кроме того, исследовались смеси 90% He + 10% Ne и He + 1% N₂, а также наполнение N₂.

Перед наполнением счетчик откачивался до давления 10^{-2} мм Hg, промывался газом, составляющим основу наполнения, затем наполнялся до давления 740 мм Hg. Используемые He и Ne были "особой чистоты". Точность дозирования примеси была не хуже 10%.

Для исследования коэффициентов газового усиления, амплитудного и временного разрешения, а также для калибровки и контроля стабильности работы во всех счетчиках использовались полониевые источники α -частиц ($E_\alpha = 4,9 \text{ МэВ}$), дававших энерговыделение в счетчике около 300 кэв. Импульсы со счетчика подавались через усилитель УШ-10 на многоканальный амплитудный анализатор импульсов АИ-256. Полуширина получавшегося пика составляла 8% от средней амплитуды импульсов. На рис. 2 показаны типичные спектры от α -частиц при различных напряжениях на счетчике, наполненном чистым гелием. Положение каждого α -пика определяет амплитуду сигнала в зависимости от напряжения на счетчике.

На рис. 3-5 приведены фактически кривые зависимости коэффициента газового усиления (КГУ) от приложенного к счетчику напряжения. Кружочками и треугольниками обозначены точки, полученные на счетчике второй конструкции (с катодами из алюминированного лавсана), крестиками - на счетчике первой конструкции (с проволочными катодами). По оси ординат отложена амплитуда сигнала, приведенная ко входу усилителя. Область измеренных амплитуд ограничена снизу шумами усилителя (~ 100 мкв), а сверху - искажением формы импульса с приближением к гайгеровскому режиму. Далее рассматриваются различные наполнения.

I. Чистый He. Длительность фронта импульса 1,2 - 1,3 мксек. Она сохраняется до напряжения 800 в, затем, благодаря увеличению объемного заряда у анода, увеличивается. Максимальный сигнал от α -частиц, который можно получить в пропорциональной области, близок к 1 мв, что соответствует КГУ = 50. Различие гелиевых кривых для двух счетчиков объясняется различием емкостей счетчиков.

II. Чистый Ne. Рабочее напряжение счетчика, наполненного неонам, меньше, чем при гелиевом наполнении. Другое отличие неоновое наполнения состоит в большей длительности фронта импульса (1,5 - 2 мксек), что обусловлено меньшей подвижностью ионов по сравнению с ионами He. Максимальный сигнал = 1,5 мв (КГУ = 15).

III. 80% He + 10% Ne. Эта смесь характеризуется очень маленькой амплитудой импульса, которая едва отделяется от шумов, и длинным фронтом (2-3 мксек).

IV. Чистый H₂. Так как в водороде существуют очень низкие молекулярные уровни возбуждения, а ионизационный потенциал равен 13,6 эв, газовое усиление начинается при высоких напряжениях на счетчике. Благодаря этому, а также большой подвижности ионов водорода, импульс имеет крутой фронт $\sim 0,7$ мксек. Измерения произведены только до напряжения 4300 в.

V. He + 1% H₂. Длительность фронта ~ 1 мксек. Максимальный сигнал = 3 мв (КГУ = 150).

VI. He + 0,5% CH₄. Длительность фронта - 0,8 мксек. Максимальный сигнал = 20 мв (КГУ = 1000). Добавки метана значительно улучшают работу счетчика.

He + 1% CH₄. Длительность фронта $\sim 0,7$ мксек. Максимальный сигнал = 25 мв (КГУ = 1250).

70% He + 30% CH₄. Вплоть до напряжения 4300 в никаких изменений в форме импульса или отклонений от пропорциональности не наблюдалось. Длительность фронта составляла 0,8 мксек, максимальная амплитуда равнялась 270 мв.

VII. $\text{Ne} + 1\% \text{CH}_4$. Так же, как и случае гелия, небольшая добавка метана к неону значительно улучшает работу счетчика. Длительность фронта импульса составляла $\sim 0,7$ мксек и не менялась до 1800 в. Максимальная амплитуда сигнала равнялась 120 мв (КГУ = 1200).

Таким образом, в зависимости от концентрации добавок метана амплитуда сигнала от α -частиц на входе усилителя лежит в пределах 20 – 300 мв. Энерговыведение в счетчике от μ -мезонов с остаточными пробегами 4–10 мг/см² (такие мезоны оставались в нашей стримерной камере) в 15 раз меньше, чем от α -частиц, и составляет 20 кэв, а амплитуда сигнала лежит соответственно в пределах 1 ÷ 20 мв.

Зависимость амплитуды импульса от места прохождения частицы

В счетчике второй конструкции было исследовано влияние краевых эффектов на амплитуду сигнала, что достигалось перемещением α -источника по диаметру. Измерения были проделаны на счетчике, наполненном гелием с 2% -ой примесью метана. Оказалось, что за счет краевых эффектов амплитуда падает на 30% при удалении от края счетчика на половину расстояния между катодами (т.е. в нашем случае при удалении на 1 см). В пределах 5%-ой точности не обнаружено периодического изменения амплитуды в зависимости от положения траектории частицы относительно анодных нитей. Результаты представлены на рис. 6.

Стабильность работы

Счетчик, заполненный благородным газом, весьма чувствителен к малейшим загрязнениям. С увеличением количества примеси падает амплитуда импульса при данном напряжении на счетчике и растет величина "критического напряжения", при котором происходит искажение формы импульса. Известно, что газы, оклюдированные на металлических поверхностях, интенсивно выделяются при электрическом разряде в счетчике. Обычно применяемый для этой цели отжиг в связи с особенностями конструкции нашего счетчика был непримлем. Поэтому процедура очистки заключалась в пропускании через счетчик в режиме самостоятельного разряда (ток 2–3 ма) большого заряда (порядка сотен кулон) с последующим переполнением. Изменения в работе счетчика контролировались по изменению критического напряжения. После переполнения счетчика критическое напряжение росло за счет отгаживания с течением времени значительно медленнее.

Предельная нагрузка счетчика ограничена по двум причинам: во-первых, при большой ионизации в счетчике вблизи анода возникает объемный заряд, который уменьшает газовое усиление, и, во-вторых, происходит наложение импульсов. Влияние ионный нагрузки изучалось с помощью γ -источника активностью 0,1 кюри. Максимальная нагрузка, которую удалось получить от этого источника, соответствует нагрузке в пучке мезонов с импульсной интенсивностью 10^5 сек^{-1} . Сравнивались амплитудные спектры от α -частиц при облучении счетчика γ -источником и в отсутствие γ -источника. При этом смещения максимума α -спектра (т.е. изменения коэффициента газового усиления) в пределах 3%-ой ошибки не наблюдалось. Вообще многонитовой пропорциональный счетчик должен выдерживать большую нагрузку, чем счетчик с одной анодной нитью, благодаря распределению объемного заряда по большей площади.

В результате наложения двух импульсов от быстрых частиц на выходе усилителя может появиться импульс, амплитуда которого соответствует остановке частицы в газе, являющемся мишенью, за счетчиком. Такой импульс попадает в окно анализатора, соответствующее остановкам частиц в мишени, и создает ложный запуск системы регистрации остановок. Соответствующие расчеты показывают, что при импульсной интенсивности потока мезонов 10^5 сек^{-1} и при $\tau = 10^{-8} \text{ сек}$ (τ — длительность импульса на выходе усилителя) число ложных запусков системы регистрации остановок составляет 8% от числа истинных при соотношении останавливающихся в мишени частиц к проходящим 1 : 1000.

Эффективность отбора остановок

Благодаря флуктуациям ионизации и приборным флуктуациям, импульсы, соответствующие останавливающимся мезонам и, следовательно, определенным каналам анализатора, будут попадать и в соседние каналы. Если пропорциональный счетчик настолько "тонкий", что распределение Гаусса для ионизационных потерь в счетчике для частицы с определенной энергией переходит в распределение Ландау, то становятся возможными очень большие флуктуации ионизации и число ложных запусков системы регистрации остановок определяется в конечном счете формой кривой Ландау. Это приводит к тому, что на одну остановку появляется несколько ложных запусков (при соотношении останавливающихся в мишени частиц к проходящим 1:1000). В этом случае можно использовать два пропорциональных счетчика, включенных на совпадение, тогда вероятности флуктуаций перемножаются и таким образом возможность ложного запуска резко подавляется. При этом перед мишенью за счет второго счетчика прибавляется лишь ничтожное количество вещества и геометрия почти не ухудшается.

Кроме того, предварительный отбор медленных частиц может производить сцинтилляционный счетчик с тонким сцинтиллятором.

Два пропорциональных счетчика описанной конструкции, включенные на совпадение, используются для отбора μ - и π - мезонов, останавливающихся в газе стримерной камеры, помещенной в мезонный пучок синхротрона ОИЯИ.

Л и т е р а т у р а

1. L. Auerbach, R. Esterling, R.Hill, D.Jenkins, J.Lach, N.Lipman. Phys. Rev. Lett., 11, 23 (1968).
2. В. Векслер, Л. Грошев, Б. Исаев. Ионизационные методы исследования излучений, ГИТТЛ, 1950, стр. 182.

Рукопись поступила в издательский отдел
7 апреля 1968 г.

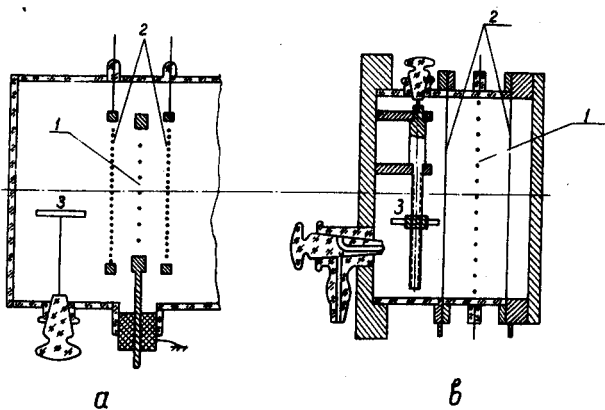


Рис. 1. Схематический разрез счетчиков: 1-анод, 2-катода, 3- α -источник.
 а) Счетчик с проволочными катодами. б) Счетчик с катодами из алюминированного лавсаа.

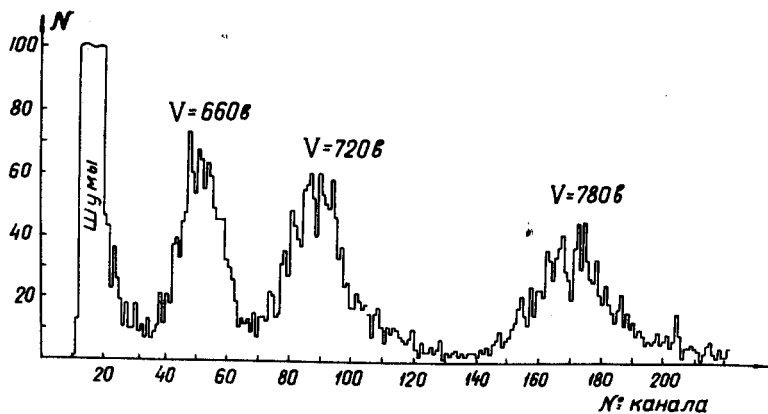


Рис. 2. α -спектры, снятые с помощью счетчика, наполненного чистым гелием, при различных напряжениях на счетчике.

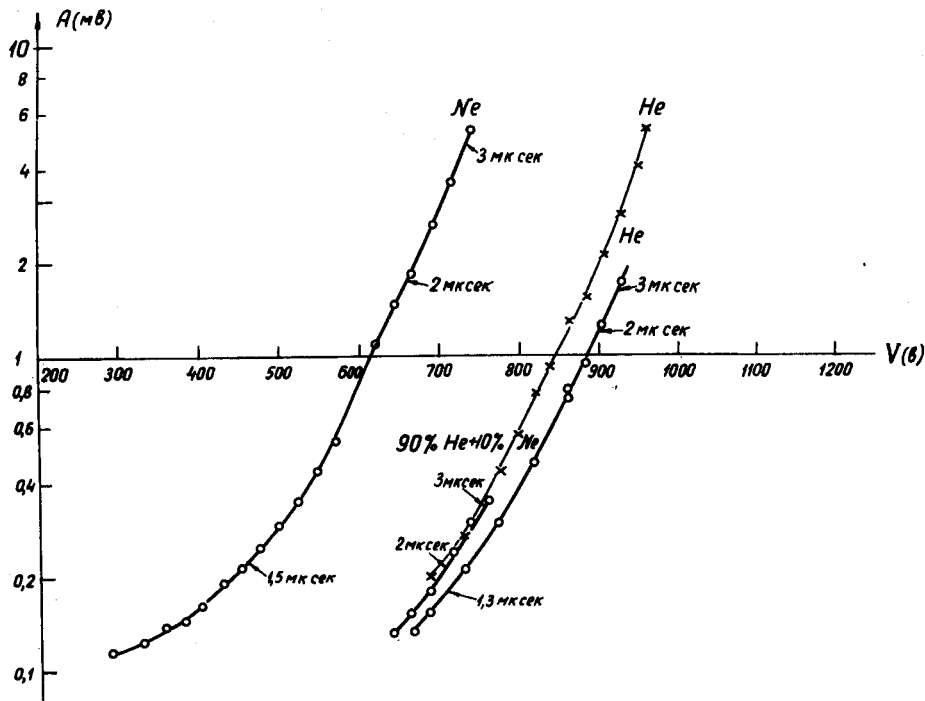


Рис. 3. Зависимость амплитуды сигнала от напряжения на счетчике при различных наполнениях. Кружочками и треугольниками обозначены точки, полученные на счетчике второй конструкции (с катодами из алюминированного лавсана), крестиками - на счетчике первой конструкции (с проволочными катодами). Числом микросекунд обозначена длительность фронта импульса в соответствующих точках.

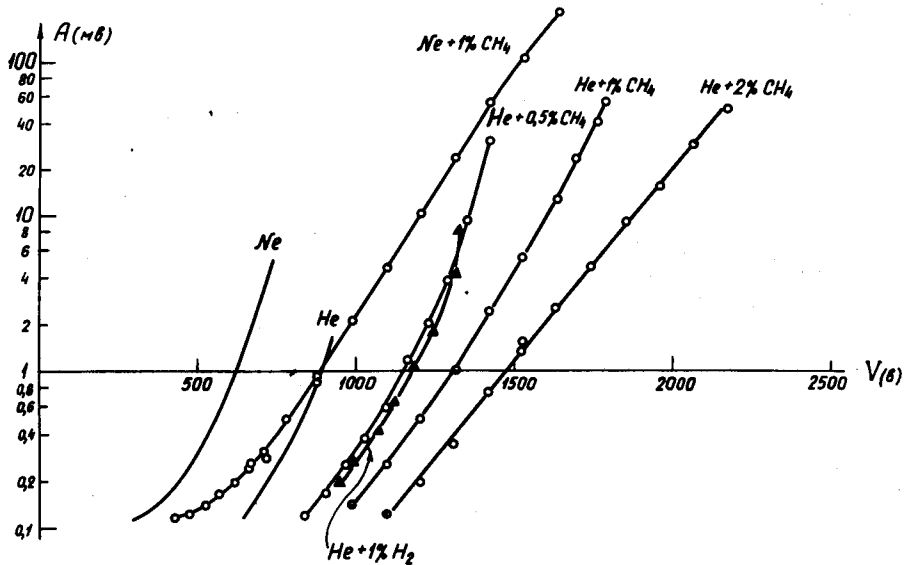


Рис. 4. Зависимость амплитуды сигнала от напряжения на счетчике. С рис. 3 перенесены в соответствующем масштабе две кривые, соответствующие наполнению He и Ne.

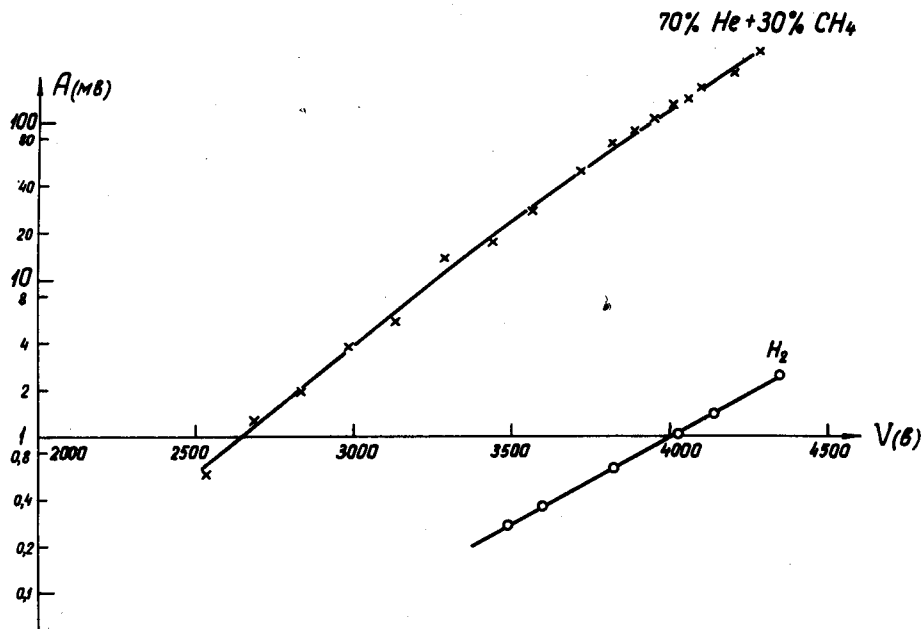


Рис. 5. Зависимость амплитуды сигнала от напряжением на счетчике.

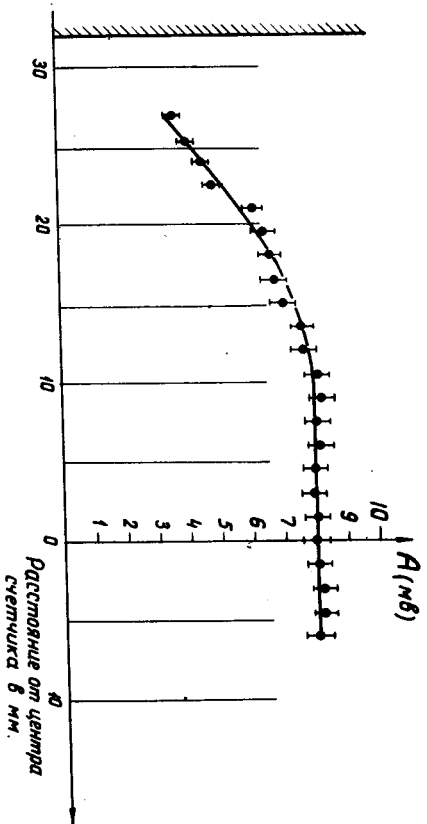


Рис. 8. Зависимость амплитуды сигнала от положения α -источника. Вертикальные линии показывают расположение анодных нитей.